

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
2. Mai 2002 (02.05.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/35005 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **E01C 19/38**,
E02D 3/074

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP01/11793

(22) Internationales Anmeldedatum:
11. Oktober 2001 (11.10.2001)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
100 53 446.5 27. Oktober 2000 (27.10.2000) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **WACKER-WERKE GMBH & CO. KG** [DE/DE];
Preussenstrasse 41, 80809 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SICK, Georg** [DE/DE];
Zugspitzstrasse 9, 82340 Feldafing (DE).

(74) Anwalt: **HOFFMANN, Jörg, Peter**; Müller, Hoffmann &
Partner, Innere Wiener Strasse 17, 81667 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, SE, TR).

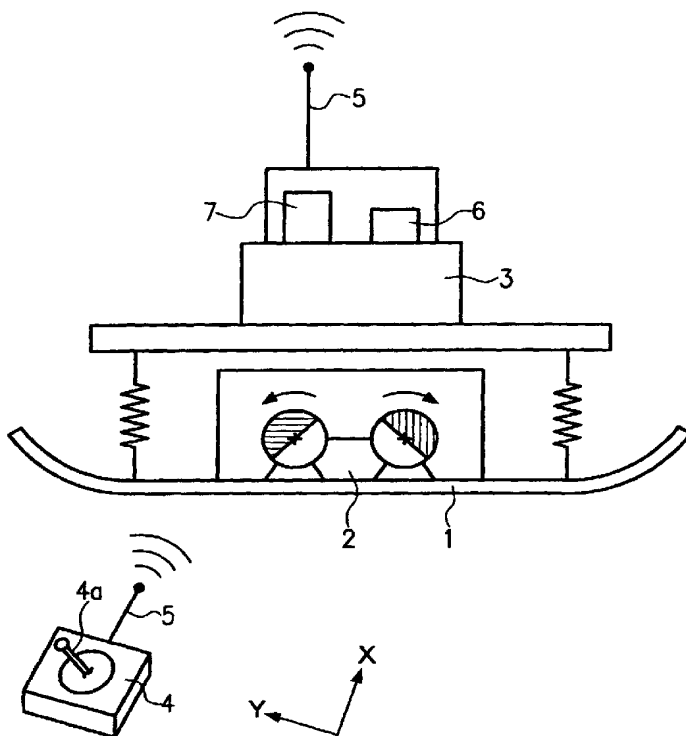
Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen
eintreffen

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: MOBILE SOIL COMPACTING DEVICE WHOSE DIRECTION OF TRAVEL IS STABILIZED

(54) Bezeichnung: FAHRBARE BODENVERDICHTUNGSVORRICHTUNG MIT FAHRTRICHTUNGSSTABILISIERUNG



(57) Abstract: The invention relates to a soil compacting device comprising a motion detection device (6) for detecting an actual value for the travelling motion of the soil compacting device. Inside a travel control device (7), the actual value is compared with a set value that is predetermined by the operator. When a difference between these two values is determined, the travel control device (7) corrects the travelling motion by controlling a steering device (2) or a drive (2) of the soil compacting device. In another embodiment of the invention, a number of vibration plates (21, 22, 23) are connected by means of connecting elements (24) to form a soil compacting system, which is also provided with a travel control device. The travel control device controls the individual drives in order to steer the entire soil compacting system.

(57) Zusammenfassung: Eine Bodenverdichtungsvorrichtung weist eine Bewegungserfassungseinrichtung (6) zum Erfassen eines Istwerts für die Fahrbewegung der Bodenverdichtungsvorrichtung auf. Der Istwert wird in einer Fahrtregelungseinrichtung (7) mit einem vom Bediener vorgegebenen Sollwert verglichen. Bei Feststellen einer Differenz korrigiert die Fahrtregelungseinrichtung (7) die Fahrbewegung durch Ansteuern einer Lenkeinrichtung (2) oder eines Fahrantriebs (2) der Bodenverdichtungsvorrichtung. Bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung sind mehrere Vibrationsplatten (21, 22, 23) durch

Verbindungselemente (24) zu einem Bodenverdichtungssystem verbunden, das ebenfalls eine Fahrtregelungseinrichtung trägt. Die Fahrtregelungseinrichtung steuert die einzelnen Fahrantriebe zur Lenkung des gesamten Bodenverdichtungssystems an.

WO 02/35005 A1



Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Fahrbare Bodenverdichtungsvorrichtung mit Fahrtrichtungsstabilisierung

Die Erfindung betrifft eine fahrbare Bodenverdichtungsvorrichtung bzw. ein
5 Bodenverdichtungssystem mit mehreren fahrbaren Bodenverdichtungsvor-
richtungen.

Als Bodenverdichtungsvorrichtungen sind unter anderem fernlenkbare Vibrationsplatten bekannt, bei denen ein Schwingungs- bzw. Unwuchterreger nicht nur die für die Bodenverdichtung erforderliche Vertikalschwingung der Platte, sondern durch geeignete Verstellmöglichkeiten im Schwingungserreger auch einen Vortrieb bewirkt. Die Lenkbarkeit wird durch das Erzeugen gerichteter Schwingungen außerhalb einer Hochachse der Vibrationsplatte erreicht. Derartige Vibrationsplatten weisen üblicherweise zwei parallele, gegenläufig drehende Unwuchtwellen auf (daher die Bezeichnung "Zwei-Wellen-Erreger"), wobei eine der Wellen zwei voneinander unabhängig in ihrer relativen Phasenlage verstellbare axial angeordnete Unwuchten trägt. Die Summe der $m \cdot r$ -Werte (m = Unwuchtmasse, r = Exzentrizität des Schwerpunktes der Unwuchtmasse) dieser Unwuchten entspricht dem $m \cdot r$ -Wert der zweiten, ebenfalls eine Unwucht tragenden, aber gegenläufig drehenden Erregerwelle. Durch geeignete Synchronisation der Phasenwinkel der drei Unwuchten können in bekannter Weise gerichtete Schwingungen erzeugt werden. Ein derartiger Schwingungserreger ist aus der DE-G 78 18 542.9 bekannt.

25 Wird der resultierende Kraftvektor der Schwingungen in Fahrtrichtung der Vibrationsplatte nach vorne geneigt, wird die Maschine nach vorne beschleunigt. Für eine Kurvenfahrt nach links wird die linke Unwucht der die zwei Unwuchten tragenden Welle mit der großen Unwucht der anderen Welle
30 derart synchronisiert, dass der aus den drei rotierenden Unwuchten resultierende Kraftvektor ein Drehmoment (Giermoment) um die Hochachse der Vibrationsplatte erzeugt. Durch geeignete Synchronisation der Unwuchten läßt sich auch eine sogenannte Standrüttelung einstellen, bei der der resultierende Kraftvektor senkrecht gerichtet ist. Entsprechend läßt sich auch
35 eine Rückwärtsfahrt oder eine Drehung der Vibrationsplatte im Stand erreichen.

- 1 Die Steuerung der Vibrationsplatte erfolgt üblicherweise durch elektrome-
chanische oder elektrohydraulische Stellglieder zum relativen Verdrehen der
Unwuchten, die mittels Funk-, Infrarot- oder Kabelfernsteuerung angesteu-
ert werden.
- 5 Aufgrund der taumelnden und teilweise am Boden schleifenden Sprungbe-
wegung der Vibrationsplatte im Rüttelbetrieb werden je nach Bodenbeschaf-
fenheit und Reibungskoeffizient zwischen Platte und Boden ständig wech-
selnde Kräfte und Drehmomente auf die fahrende Vibrationsplatte übertra-
10 gen. Eine geringe Richtungskonstanz im Fahrbetrieb der Vibrationsplatte ist
die Folge, so dass in kurzen Zeitabständen Richtungskorrekturen durch den
Bediener erforderlich sind, um ein Ausbrechen der Vibrationsplatte zu ver-
hindern. Dazu ist es bei ferngelenkten Vibrationsplatten üblich, die Vibrati-
onsplatte anzuhalten und im Stillstand durch Erzeugung eines maximalen
15 Giermomentes um die Hochachse zu drehen. Eine Kurvenfahrt, also die Er-
zeugung eines Giermomentes bei gleichzeitiger Vortriebsbewegung der Vibra-
tionsplatte, ist zwar prinzipiell möglich, jedoch aufgrund der geringen Rich-
tungsstabilität in der Praxis kaum durchführbar. Das ständige Ausrichten
der Vibrationsplatte erfordert vom Bediener höchste Konzentration.
- 20 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Bodenverdichtungsvorrich-
tung mit verbesserter Fahrtrichtungsstabilität anzugeben, mit der trotz un-
vorhersehbarer Krafteinflüsse des Bodens eine konstante Geradeausfahrt
oder eine koordinierte Kurvenfahrt möglich ist.
- 25 Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Bodenverdichtungsvorrich-
tung mit den Merkmalen von Patentanspruch 1 gelöst. Die erfindungsgemä-
ße Lösung für die Bodenverdichtungsvorrichtung läßt sich auch auf eine mit
mehreren Schwingungserregern ausgestattete Bodenverdichtungsvorrich-
30 tung und auf ein aus mehreren Bodenverdichtungsvorrichtungen bestehen-
des Bodenverdichtungssystem übertragen, das in Patentanspruch 16 defi-
niert ist. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen
Ansprüchen angegeben.
- 35 Die erfindungsgemäße Bodenverdichtungsvorrichtung weist eine Bewegungs-
erfassungseinrichtung zum Erfassen eines Istwerts für die eine Ausrichtung,
eine Fahrtrichtung, einen Kurs über Grund, eine Drehrate und/oder eine

- 1 Fahrtgeschwindigkeit der Bodenverdichtungs-
 vorrichtung umfassende Fahr-
 bewegung auf. Durch die Bewegungserfassungseinrichtung läßt sich die tat-
 sächliche, z. B. durch Bodenunebenheiten oder die Bodenbeschaffenheit be-
 wirkte Bewegung oder Ausrichtung der die Bodenverdichtungs-
5 feststellen.

Der von der Bewegungserfassungseinrichtung abgegebene Istwert wird in ei-
ner Fahrtregelungseinrichtung mit einem vom Bediener mittels eines Fahrt-
gebers vorgegebenen Sollwert verglichen. Die Fahrtregelungseinrichtung
10 steuert die Lenkeinrichtung und/oder den Fährantrieb der Bodenverdich-
 tungs-
 vorrichtung derart an, dass eine Differenz zwischen Ist- und Sollwert,
 also eine Regelabweichung, minimal wird. Das bedeutet, dass durch Bo-
 deneffekte bzw. die taumelnde Bewegung der Vibrationsplatte hervorgerufe-
 ne Richtungsänderungen unmittelbar durch die Bewegungserfassungsein-
15 richtung registriert werden können, so dass die Fahrtregelungseinrichtung
 eine entsprechende Gegenkorrektur vornehmen und die Bodenverdichtungs-
 vorrichtung wieder auf die vom Bediener gewünschte und in Form des Soll-
 werts vorgegebene Fahrtbewegung, z. B. einen Kurs über Grund bringen
 kann. Das hat zur Folge, dass die Bodenverdichtungs-
20 vorrichtung selbst auf
 schrägem oder unebenem Untergrund einen konstanten Geradeauslauf voll-
 ziehen kann. Weiterhin ist eine koordinierte Kurvenfahrt mit gleichzeitiger
 Drehung und Vorwärtsbewegung entsprechend den Wünschen des Bedieners
 möglich, ohne dass der Bediener permanent mit dem Fahrtgeber korrigie-
 rend eingreifen müßte.

25 Der Begriff "Fahrbewegung" wird in Zusammenhang mit der Erfindung als
 Oberbegriff für eine Vielzahl einzelner physikalischer Größen verwendet, die
 im weitesten Sinne die Bewegung der Bodenverdichtungs-
 vorrichtung betref-
 fen: Unter "Ausrichtung" ist eine Stellung der Bodenverdichtungs-
30 maschine
 in einem Inertialsystem bzw. über Grund zu verstehen. Als "Fahrtrichtung"
 ist die Bewegungsrichtung der Bodenverdichtungs-
 vorrichtung in einem Iner-
 tialsystem, z. B. dem Erdmagnetfeld zu sehen. Davon unterscheidet sich der
 "Kurs über Grund", der der tatsächlichen Bewegung der Bodenverdichtungs-
 vorrichtung über dem zu verdichtenden Boden entspricht. So kann z. B.
35 eine Bodenverdichtungs-
 vorrichtung in Richtung Nord-Westen ausgerichtet
 sein, aber aufgrund der durch den Schwingungserreger erzeugten Antriebs-
 wirkung eine Fahrtrichtung schräg dazu, nämlich in Richtung Westen, ein-

1 nehmen. Wenn nun die Bewegung der Bodenverdichtungs-
vorrichtung z. B. durch einen schrägen Untergrund oder durch Bodenunebenheiten gestört
wird, besteht die Möglichkeit, dass die Fahrtrichtung der Bodenverdich-
tungs-
5 vorrichtung zwar konstant in Richtung Westen gerichtet ist, aber auf-
grund der durch die Bodenunebenheiten hervorgerufenen Stöße jeweils seit-
lich versetzt wird. Der sich daraus ergebende Kurs über Grund weicht folg-
lich von der eingestellten Fahrtrichtung ab.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist die Fahrtrege-
10 lungseinrichtung in der Lage, bei einem entsprechenden Bedienerwunsch
die Lenkeinrichtung und/oder den Fährantrieb derart anzusteuern, dass
sich die Bodenverdichtungs-
vorrichtung mit maximaler Geschwindigkeit bei
minimaler Regelabweichung, also größtmöglicher Richtungskonstanz, fortbe-
15 wegt. Das bedeutet, dass auch bei Kurvenfahrten hohe Fahrtgeschwindigkei-
ten der Bodenverdichtungs-
vorrichtung erreicht werden können.

Als Bewegungserfassungseinrichtung eignen sich handelsübliche Gierraten-
sensoren, Kreiselkomпасse, optische Faserkreisel, Erdmagnetfeldsensoren,
GPS-Empfänger (GPS: Global Positioning System) oder Beschleunigungssen-
20 soren und geeignete Kombinationen aus den genannten Elementen.

Je nach Aufwand bei der Ausgestaltung der Bewegungserfassungseinrich-
tung und der Regelalgorithmen in der Fahrtregelungseinrichtung lassen sich
unterschiedliche Regelverhalten einstellen: Bei einem relativ einfachen Rege-
25 lungsfall ist ein Kreiselkompass vorgesehen, der mit einer zugehörigen Rege-
lung versucht, einer durch eine Störung hervorgerufenen Drehung um die
Gierachse der Bodenverdichtungs-
vorrichtung entgegen zu wirken. Wenn die
durch Fremdeinwirkung hervorgerufene Drehung jedoch zu stark ist, wird
die Regelung überwunden, und eine dauerhafte Regelabweichung stellt sich
30 ein. Bei einer aufwändigeren Regelung ist es dagegen möglich, dass durch
die Bewegungserfassungseinrichtung eine Abweichung der Fahrtrichtung
festgestellt und ausgeregelt wird. Das bedeutet, dass sich die Bodenverdich-
tungs-
vorrichtung immer wieder in die gleiche Richtung bewegen wird. Ein
durch Fremdeinwirkung hervorgerufener Parallelversatz der Bodenverdich-
35 tungs-
vorrichtung lässt sich dadurch jedoch nicht korrigieren. Eine noch
aufwändigere, dem Flugzeugbau entlehnte Regelungstechnik registriert da-
gegen sogar Abweichungen vom vorgegebenen Kurs über Grund und ist in

1 der Lage, nicht nur die Fahrtrichtung konstant zu halten bzw. nach erfolg-
ten Auslenkungen entsprechend gegenzusteuern, sondern auch einen Paral-
lелversatz zu korrigieren und die Maschine wieder auf den ursprünglichen
Kurs zu bringen.

5

Die der Erfindung zugrundeliegende technische Lehre läßt sich besonders
vorteilhaft bei einer Bodenverdichtungsvorrichtung einsetzen, die mehrere
Schwingungserregersysteme aufweist, da die Drehmomente, z. B. um die
Hochachse der Bodenverdichtungsvorrichtung erfindungsgemäß sensibel
10 und unmittelbar gemäß den Erfordernissen zur Stabilisierung der Fahrtrich-
tung geregelt werden können. Damit werden auch Kombinationen von
Schwingungserregern und deren Vortriebsrichtungen möglich, die bei manu-
eller Regelung, also ohne Erfassung und Auswertung der Fahrbewegung auf-
grund der Richtungsinstabilität des Gesamtsystems nicht beherrschbar wä-
15 ren. Außerdem können einfach aufgebaute Schwingungserreger, z. B. beste-
hend aus einem Paar gegenläufig drehender Unwuchten mit um die Erreger-
querachse verstellbarem, resultierendem Kraftvektor eingesetzt werden.

Die Schwingungserregersysteme sind vorzugsweise so anzuordnen, dass ihre
20 Vortriebsrichtungen parallel verlaufen. Eine Richtungssteuerung erfolgt
über die Ausrichtung der Kraftvektoren um die Erregerquerachse, wodurch
ein Drehmoment um die Hochachse der Verdichtungsvorrichtung ausgeübt
wird.

25 Alternativ dazu eignen sich auch Schwingungserregersysteme, bei denen die
Drehfrequenz, also die Drehzahl der rotierenden Unwuchtwellen z.B. über
Hydraulik-Proportionalventile einstellbar sind. Durch Veränderung der
Drehzahl der Unwuchtwellen ändert sich die resultierende Zentrifugalkraft,
so dass die gewünschten Kraftwirkungen eingestellt werden können.

30

Bei einer anderen Ausführungsform unterscheidet sich die Vortriebsrichtung
von wenigstens einem der Schwingungserregersysteme von der Vortriebs-
richtung von wenigstens einem anderen Schwingungserregersystem. Die
Schwingungserregersysteme können Schwingungen ohne oder mit Synchro-
35 nisation erzeugen.

Bei einer bezogen auf die Vortriebsrichtungen senkrechten Anordnung der

- 1 Schwingungserregungseinrichtungen dient z. B. ein Erregersystem dem Vor- und Rücklauf der Bodenverdichtungs-
vorrichtung und das zweite Erregersystem der Richtungssteuerung. In ungestörter Geradeausfahrt ist der resultierende Kraftvektor des zur Richtungssteuerung vorgesehenen Erregersystems senkrecht zur Ebene, also ohne Vortriebsrichtung, ausgerichtet. Alternativ dazu kann der Kraftvektor auch gezielt oszillierend nach links und rechts gerichtet werden, um z. B. Schubspannungen in das zu verdichtende Gut einzubringen.
- 5
- 10 In einer besonderen Ausführung der Erfindung sind zwei synchronisierte Schwingungserregersysteme übereinander, mit senkrecht zueinander stehenden Vortriebsrichtungen in der Bodenverdichtungs-
vorrichtung angeordnet. Durch geeignete Ansteuerung der beiden Schwingungserregersysteme kann der resultierende Kraftvektor um die Hochachse der Bodenverdichtungs-
vorrichtung beliebig ausgerichtet werden. In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform kann der resultierende Kraftvektor im Schwerpunkt der Bodenverdichtungs-
vorrichtung angreifen. In Verbindung mit der Richtungsstabilisierung und z. B. einer Bodenkontaktplatte mit kreisförmigem Grundriss kann bei dieser Ausführungsform eine besonders hohe Richtungs-
stabilität und Manövrierfähigkeit der Bodenverdichtungs-
vorrichtung erreicht werden.
- 15
- 20
- Bei einem Bodenverdichtungssystem gemäß der Erfindung können mehrere Bodenverdichtungs-
vorrichtungen starr oder elastisch miteinander verbunden betrieben werden. Wie bei der vorstehend beschriebenen einzelnen Bodenverdichtungs-
vorrichtung ist eine Bewegungserfassungseinrichtung zum Erfassen eines Istwerts für die Fahrbewegung des gesamten Bodenverdichtungssystems vorgesehen, der in einer Fahrtregelungseinrichtung mit einem vom Bediener vorgegebenen Sollwert verglichen wird. Die Fahrtregelungseinrichtung steuert die einzelnen Fahrantriebe der jeweiligen Bodenverdichtungs-
vorrichtungen derart an, dass die Differenz zwischen Ist- und Sollwert minimal wird. Auf diese Weise lassen sich mehrere Bodenverdichtungs-
vorrichtungen zu einer Einheit zusammenfassen, was eine erheblich höhere Arbeitsleistung ermöglicht. Durch die Fahrtregelungseinrichtung bleibt auch das komplexe Gesamtsystem für den Bediener einfach beherrsch- und steuerbar.
- 25
- 30
- 35

1 Das hat zur Folge, dass keine der Bodenverdichtungsvorrichtungen eine ei-
gene Lenkeinrichtung benötigt. Vielmehr kann bei dem aus mehreren Bo-
denverdichtungsvorrichtungen bestehenden System durch Ansteuern der je-
weiligen, den individuellen Vortrieb der zugehörigen Bodenverdichtungsvor-
5 richtung erzeugenden Fahrtriebe die Fahrtgeschwindigkeit und die Fahrt-
richtung, d. h. die Fahrbewegung des Gesamtsystems, eingestellt werden.
Aufgrund der permanenten Erfassung der Ist-Fahrbewegung regelt die Fahr-
regelungseinrichtung eventuelle Abweichungen vom Wunsch des Bedieners
unmittelbar aus, so dass eine konstante und koordinierte Bewegung erreicht
10 wird.

Die Bodenverdichtungsvorrichtungen sind bei einer bevorzugten Ausführ-
ungsform der Erfindung von einer Verbindungsstruktur derart gehalten,
dass die Vortriebsrichtungen der einzelnen Bodenverdichtungsvorrichtungen
15 parallel angeordnet sind. Ein zur Richtungsänderung erforderliches Moment
um die Hochachse des Verbundes wird durch Ansteuern der einzelnen
Schwingungserreger erzeugt.

Bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung unterscheidet sich die
20 Vortriebsrichtung von wenigstens einer der Bodenverdichtungsvorrichtungen
von der Vortriebsrichtung von wenigstens einer anderen Bodenverdichtungs-
vorrichtung. Durch Ansteuerung der einzelnen, zur Erzeugung von Vortrieb
und Richtungsstabilisierung geeignet angeordneten Fahrtriebe ist es mög-
lich, dass sich das gesamte Bodenverdichtungssystem richtungs- oder kurs-
25 stabilisiert fortbewegt.

Diese und weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung werden nachfolgend
anhand von Beispielen unter Zuhilfenahme der begleitenden Figuren näher
erläutert. Es zeigen

30

Fig. 1 eine schematische Seitenansicht einer erfindungsgemä-
ßen fernlenkbaren Bodenverdichtungsvorrichtung;

35

Fig. 2a und 2b tabellarisch die Zusammenhänge zwischen einer Fahrt-
geberstellung, einem Istwert von einer Bewegungs-
erfassungseinrichtung, einer Stellung eines Schwin-
gungserregers und einer resultierenden Fahrbewegung

1 bei einer erfindungsgemäßen Bodenverdichtungsvorrichtung in verschiedenen Fahrzuständen;

Fig. 3a bis 3e in schematischer Draufsicht Schwingungserreger- und
5 Vortriebskombinationen bei einer erfindungsgemäßen Bodenverdichtungsvorrichtung; und

Fig. 4a bis 4d eine schematischer Draufsicht auf unterschiedliche Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Bodenverdichtungs-
10 tungs-systems.

Die Erfindung wird anhand einer in Fig. 1 gezeigten, als Bodenverdichtungsvorrichtung dienenden, fernsteuerbaren Vibrationsplatte erläutert. Die Erfindung läßt sich jedoch auch auf andere Bodenverdichtungsvorrichtungen,
15 wie z. B. Walzen, oder nicht ferngesteuerte Vibrationsplatten übertragen.

Die Vibrationsplatte weist eine Bodenkontaktplatte 1 auf, auf der ein als Schwingungserregungseinrichtung dienender Zwei-Wellen-Schwingungserreger 2 angebracht ist, wie er bereits oben unter Bezugnahme auf den Stand
20 der Technik erläutert wurde, und dessen zweite Welle zwei hinsichtlich ihrer Phasenlage unabhängig voneinander einstellbare Unwuchten trägt. Der Zwei-Wellen-Schwingungserreger 2 wird durch einen Motor 3 in bekannter Weise angetrieben. Die Schwingungserregungseinrichtung, also der Zwei-Wellen-Schwingungserreger 2 dient gleichzeitig als Fahrtrieb und als Len-
25 keinrichtung, so dass die Erzeugung des für die Fahrtgeschwindigkeit, die Vorwärts- bzw. Rückwärtsbewegung und eines Drehmoments um die Hochachse der Vibrationsplatte erforderlichen Vortriebs mittels des Zwei-Wellen-Schwingungserregers 2 erfolgt.

30 Die Vibrationsplatte wird über eine als Fahrtgeber dienende Fernsteuerung 4 mit einem sogenannten Joystick 4a mittels Funk, Infrarot oder Kabel vom Bediener angesteuert. Der Bediener trägt dazu einen Steuerkasten, auf dem der in X- und Y-Richtung bewegliche Joystick 4a, eine Art Steuerhebel angeordnet ist. Eine Auslenkung des Joysticks 4a in X-Richtung bewirkt eine
35 Vorwärtsfahrt der Vibrationsplatte, während eine Auslenkung des Joysticks 4a in positive oder negative Y-Richtung eine entsprechende Links- oder Rechts-Drehung der Vibrationsplatte bewirkt. Das Drehsignal kann auch

1 eine Vorgabe für die Drehrate der Vibrationsplatte oder für einen beabsich-
tigten Kurvenradius sein. Selbstverständlich eignet sich zur Steuerung der
Vibrationsplatte auch jede andere Art außer der gezeigten Fernsteuerung 4,
so z. B. eine direkt an der Vibrationsplatte angebrachte Steuereinrichtung.

5

Im in Fig. 1 gezeigten Beispiel wird ein durch die Fernsteuerung 4 erzeugtes
Steuersignal über Antennen 5 zur Vibrationsplatte übertragen, wo es zur
Einstellung der Fahrtgeschwindigkeit, der Fahrtrichtung und gegebenenfalls
der Lenkung ausgewertet wird.

10

Die Lenkung, also in erster Linie die Erzeugung eines Giermoments um eine
Hochachse der Vibrationsplatte, erfolgt ebenfalls durch die Schwingungs-
erregungseinrichtung, die in diesem Fall auch als Lenkeinrichtung dient.
Die Schwingungserregungseinrichtung bildet bei der Vibrationsplatte gemäß
15 Fig. 1 also gleichzeitig den Fohrantrieb und die Lenkeinrichtung. Bei ande-
ren Ausführungsformen der Erfindung können die Funktionen jedoch auch
von getrennt aufgebauten und getrennt ansteuerbaren Einrichtungen über-
nommen werden.

20

Die von der Wirkung des Schwingungserregers, aber auch von äußeren Ein-
flüssen, z. B. von der Reibung am Boden abhängige tatsächliche Fahrbewe-
gung der Vibrationsplatte, die sich aus der Fahrtgeschwindigkeit und der
Fahrtrichtung zusammensetzt, wird durch eine Bewegungserfassungsein-
richtung 6 bestimmt. Je nach Einsatzzweck eignen sich für die Bewegungs-
25 erfassungseinrichtung 6 Gierratensensoren zur Erfassung der Drehung um
die Hochachse der Vibrationsplatte, Kreiselkompassse oder optische Faser-
kreisel zur Erfassung von Richtungsänderungen bezüglich eines Inertialsy-
stems, Erdmagnetfeldsensoren zur Bestimmung der Relativstellung der Vi-
brationsplatte im Erdmagnetfeld, GPS-Empfänger oder Beschleunigungssen-
30 soren. Zur Erhöhung der Meßgenauigkeit wird es oftmals zweckmäßig sein,
mehrere dieser Bauelemente zu einer Bewegungserfassungseinrichtung 6 zu-
sammenzufassen. So ist es z. B. auch möglich, Bewegungserfassungsein-
richtungen für Navigationssysteme aus dem Automobil- oder Flugzeugbau zu
übernehmen.

35

Außer der Fahrtgeschwindigkeit und der Fahrtrichtung kann es auch zweck-
mäßig sein, die Drehrate um die Hochachse der Vibrationsplatte oder die

- 1 Ausrichtung der Vibrationsplatte bezüglich eines Inertialsystems zu ermitteln.

Ein von der Bewegungserfassungseinrichtung 6 erzeugtes, dem Istwert für
5 die Fahrbewegung entsprechendes Signal wird an eine Fahrtregelungseinrichtung 7 geliefert, die außerdem durch das Sollwertsignal von der Fernsteuerung 4 beaufschlagt wird. Die Fahrtregelungseinrichtung 7 bildet eine
10 einer Regelabweichung entsprechende Differenz zwischen dem Ist- und dem Sollwert. Mit Hilfe geeigneter Regelalgorithmen, die vom Fachmann entsprechend dem Eigenverhalten der Vibrationsplatte auszulegen sind, steuert die
Fahrtregelungseinrichtung 7 den Schwingungserreger 2, also den Fahrantrieb und die Lenkeinrichtung derart an, dass die Regelabweichung minimal wird. Dadurch wird die Vibrationsplatte sehr präzise auf dem vom Bediener
gewünschten Kurs gehalten.

15 Soweit von der Bewegungserfassungseinrichtung 6 Istwerte zu einer Drehrate der Vibrationsplatte oder zu ihrer Ausrichtung geliefert werden, ist es auch möglich, diese Istwerte mit entsprechenden Sollwerten abzugleichen. Somit kann die Stellung der Vibrationsplatte z. B. im Stillstand, in dem
20 streng genommen keine Fahrtrichtung und keine Fahrtgeschwindigkeit vorliegt, eingestellt werden.

Die Fig. 2a und 2b zeigen exemplarisch das Zusammenspiel der wesentlichen Bauelemente der Vibrationsplatte in Zusammenhang mit unterschiedli-
25 chen Fahrzuständen in tabellarischer Form. In den Spalten der Tabelle werden die Joystick-Stellung, d. h. die Stellung des Joysticks 4a an der Fernbedienung 4, ein Gierratensignal als Darstellung eines von der Bewegungserfassungseinrichtung 6 gelieferten Istwerts, die Stellung der Unwuchten im
Schwingungserreger 2 sowie die resultierende Fahrbewegung der Vibrations-
30 platte gegenübergestellt.

Der Schwingungserreger 2 entspricht dem bereits beschriebenen Zwei-Wellen-Schwingungserreger, bei dem zwei Wellen gegenläufig, aber miteinander
synchronisiert drehbar sind und jeweils Unwuchten tragen. Auf einer der
35 Wellen (in Fig. 2a-1 die linke) ist die Unwuchtmasse in zwei axial angeordnete Teilmassen aufgeteilt, die zwar gemeinsam auf der zugehörigen Welle mitdrehen, jedoch in ihrer Phasenlage zueinander verstellbar sind, wie durch

1 einen Vergleich zwischen Fig. 2a-1 und Fig. 2a-2 erkennbar ist.

 Zusätzlich zu den Unwuchtmassen sind auch die zwischen der Unwucht-
masse der einen (rechten) Welle und der jeweiligen anderen (linken) Teilmas-
5 se entstehenden resultierenden Kraftvektoren eingezeichnet.

 In Fig. 2a-1 sind die Unwuchtmassen in der Schwingungserregungseinrich-
tung derart synchronisiert, dass ein maximaler Vortrieb und damit eine ma-
ximale Vorwärtsgeschwindigkeit der Vibrationsplatte erreicht werden kann.
10 Die resultierenden Kraftvektoren stehen daher in einem Winkel von etwa 45°
nach vorne geneigt.

 Bewirkt wird diese Unwuchtstellung durch den Joystick 4a, der einen maxi-
malen X-Wert (hier: 100) liefert.

15 Solange sich die Platte konstant vorwärtsbewegt, bleibt das Gierratensignal
auf einem konstanten Wert, z. B. bei Null, da keine Drehung der Vibrations-
platte um ihre Hochachse erfolgt. Zur Erläuterung des Verlaufs des Gierra-
tensignals wird angenommen, dass das Gierratensignal eine Spannung ist,
20 deren Verlauf über der Zeit dargestellt wird.

 Exemplarisch wird in Fig. 2a-1 auch der Fall einer Störung, z. B. aufgrund
einer Unebenheit des Bodens gezeigt. Das Gierratensignal schlägt dann aus
(gestrichelte Linie), da die Vibrationsplatte eine geringfügige Drehung voll-
25 zieht. Eine sich aufbauende Abweichung zwischen dem durch die Joystick-
Stellung vorgegebenen Sollwert und dem Istwert wird sofort durch die Fahr-
regelungseinrichtung 7 erkannt und durch Beeinflussung der Unwuchtstel-
lungen und damit der resultierenden Kraftvektoren korrigiert, mit dem Ziel,
das Gierratensignal bei Null zu halten.

30 Kommt es trotzdem zu einer Fahrtrichtungsänderung, z. B. weil die von au-
ßen einwirkende Störung zu stark ist, wirkt also eine Drehrate über eine ge-
wisse Zeit ein oder überschreitet einen Grenzwert, so kann bei Anwendung
eines geeigneten Regelgesetzes durch Erzeugung eines über entsprechende
35 Zeit wirkenden gegenläufigen Giermoments die Vibrationseinrichtung in ihre
Ausgangs-Fahrtrichtung zurückgedreht werden. Die Fahrtregelungseinrich-
tung 7 ist dabei zweckmäßigerweise derart auszulegen, dass sie nicht nur

1 die Drehung der Vibrationsplatte verhindert, wenn keine Drehung erwünscht ist, sondern auch eine durch äußere Störeinflüsse erfolgte Drehung durch eine Gegendrehung kompensieren läßt.

5 In Fig. 2a-2 wird ein Fahrzustand gezeigt, indem die Vibrationsplatte eine Kurvenfahrt nach links vorne vollzieht.

Die Joystick-Werte liegen jetzt beispielhaft bei $X = 100$ und $Y = 50$, d. h., dass der Bediener weiterhin maximale Vorwärtsfahrt und gleichzeitig aber
10 eine Linksdrehungskomponente, z. B. als Vorgabe für eine Drehrate, verlangt. Die Unwuchten in der Schwingungserregungseinrichtung 2 erzeugen dementsprechend zwei unterschiedliche resultierende Kraftvektoren, derart, dass der - in Fahrtrichtung gesehen - rechte Kraftvektor weiterhin eine Vorwärtskomponente aufweist, während der linke Kraftvektor lediglich vertikal
15 gerichtet ist, also ausschließlich der Bodenverdichtung, nicht aber einer Vorwärtsbewegung dient.

Das Gierratensignal steigt aufgrund der Drehung der Vibrationsplatte an und bleibt dann auf einem konstanten Wert, wenn die Drehung der Vibrationsplatte konstant ist. Der Sollwert für das Gierratensignal ergibt sich wieder aus der Joystick-Stellung, so dass die Fahrtregelungseinrichtung 7
20 eventuelle Abweichungen des Gierratensignals sofort durch Eingriff in die Unwuchtstellung ausregeln kann.

25 Fig. 2a-3 zeigt den Fall einer Drehung der Vibrationsplatte im Stand nach links. Der Bediener stellt den Joystick auf die Stellung $X = 0$ und $Y = 100$, da er keine Fahrtgeschwindigkeit, sondern lediglich eine Drehung der Vibrationsplatte wünscht. Dazu erzeugen die Unwuchten gegeneinander gerichtete resultierende Kräfte, um eine maximale Drehung zu bewirken. Dementsprechend wird das Gierratensignal auf einem maximalen Wert gehalten.
30

Fig. 2a-4 zeigt die Vibrationsplatte in Standrüttelung, bei der die Schwingungserregungseinrichtung keinen Vortrieb, sondern lediglich vertikal gerichtete Schwingungen erzeugt. Da die Vibrationsplatte keine Drehung vollzieht, liegt das Gierratensignal bei Null.
35

- 1 Fig. 2b-5 zeigt den Fahrzustand, bei dem der Bediener durch Bewegung des
Joysticks in die Stellung $X = -100$ die volle Rückwärtsfahrt der Vibrations-
platte einstellt. Die Unwuchten werden in eine Stellung bewegt, in der resul-
tierende Kraftvektoren mit maximaler Vortriebswirkung in Rückwärtsrich-
5 tung erzeugt werden. Das Gierratensignal bleibt - soweit keine Störung der
Bewegung erfolgt - bei Null.

Schließlich wird in Fig. 2b-6 ein Zustand dargestellt, in dem der Bediener
durch Bewegung des Joysticks in die Stellung $X = -100$ und $Y = -50$ eine
10 Kurvenfahrt nach rechts hinten wünscht. In diesem Fall steigt das Gierra-
tensignal wieder auf einen positiven Wert, der hier exemplarisch mit einer
Linksdrehung der Vibrationsplatte - bezogen auf eine Vorwärtsfahrt - gleich-
zusetzen ist.

- 15 Wie sich aus obiger Beschreibung ergibt, genügt es, wenn der Joystick 4a
für die X- und Y-Koordinaten lediglich einige vorbestimmte Werte ausgibt.
So reichen für die die Vorwärts- bzw. Rückwärtsfahrtrichtung bestimmende
X-Koordinate die Signalwerte +100, 0, -100 aus. Für die die Drehrichtung
bestimmende Y-Koordinate sollten mehrere Einzelwerte vorgesehen werden,
20 nämlich +100, +75, +50, +25, 0, -25, -50, -75 und -100.

Es wurde bei vorstehender Beschreibung angenommen, dass das Gierratens-
signal bei 0 Volt liegt, wenn die Vibrationsplatte keine Drehung vollzieht.
Das Gierratensignal liegt im Bereich einer positiven Spannung, wenn die Vi-
brationsplatte eine Linksdrehung vollführt, während der Signalwert bei einer
25 Rechtsdrehung negativ wird. Selbstverständlich dienen diese Definitionen
nur der Veranschaulichung der Erfindung. In der Praxis können auch ande-
re Werte für das Gierratensignal erreicht werden. Wie oben dargelegt, kann
darüber hinaus statt des Gierratensignals auch ein anderes Signal oder eine
30 Kombination mehrerer Signale als Istwert für die Fahrbewegung ermittelt
werden.

Bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung wird neben der Gierratens-
messung gleichzeitig eine Messung der Vorlaufgeschwindigkeit z. B. durch
35 einen zusätzlichen Sensor durchgeführt. Dadurch kann erreicht werden,
dass die Vibrationsplatte vorgegebene Kurvenradien durchfährt, d. h. gleich-
zeitig eine Drehung und eine Vorwärtsbewegung und nicht nur eine vorgege-

- 1 bene Drehung vollzieht, die bei ungünstigen Bedingungen auch zu einer
Standdrehung führen kann.

- Fig. 3a bis e zeigen in schematischer Draufsicht erfindungsgemäße Boden-
5 verdichtungsvorrichtungen mit unterschiedlicher Anordnung von mehreren
Schwingungserregungseinrichtungen.

- Im Gegensatz zu der in Fig. 1 gezeigten erfindungsgemäßen Vibrationsplatte
ist jede der in den Fig. 3a bis 3e gezeigten, ebenfalls am Beispiel von Vibra-
10 tionsplatten erläuterten Bodenverdichtungsvorrichtungen statt mit nur einer
Schwingungserregungseinrichtung mit mehreren Schwingungserregungsein-
richtungen 10, 11, 12 versehen.

- Fig. 3a zeigt schematisch eine Vibrationsplatte, bei der zwei Schwingungs-
15 erregungseinrichtungen 10, 11 auf einer gemeinsamen Bodenkontaktplatte
13 parallel zueinander angeordnet sind.

- Die Schwingungserregungseinrichtung 10, 11 sind nur schematisch darge-
stellt und bestehen jeweils aus zwei parallelen, miteinander formschlüssig
20 drehbar gekoppelten und gegenläufig drehenden Wellen 14, 15, die jeweils
eine Unwucht 16 tragen und in ihrer relativen Phasenlage zueinander ver-
stellbar angeordnet sind. Eine axiale Aufteilung von einer der Unwuchten 16
auf der zugehörigen Welle, wie dies bei der Ausführungsform gemäß Fig. 1
und 2 der Fall war, ist bei den in den Fig. 3a bis 3e dargestellten Vibrations-
25 platten nicht erforderlich, aber grundsätzlich auch möglich.

- Die Schwingungserregungseinrichtungen 10, 11 sind parallel zueinander an-
geordnet, so dass sie in die gleiche Vortriebsrichtung wirken. Durch Einstel-
len von unterschiedlich starken bzw. unterschiedlich gerichteten resultie-
30 renden Kraftvektoren der beiden Schwingungserregungseinrichtungen 10,
11 lässt sich ein Giermoment um eine Hochachse 17 erzeugen, wodurch die
Vibrationsplatte lenkbar wird.

- Die Fig. 3b - 3d zeigen Varianten der in Fig. 3a gezeigten Vibrationsplatte,
35 die ohne die erfindungsgemäße Fahrtrichtungsstabilisierung in der Praxis
nicht anwendbar wären.

1 So sind bei der Ausführungsform gemäß Fig. 3b drei Schwingungserregungs-
einrichtungen 10, 11, 12 auf der Bodenkontaktplatte 13 angeordnet. Die
mittlere der drei Schwingungserregungseinrichtungen (mit Bezugszeichen 11
gekennzeichnet) muss dabei nicht zwingend zum Vortrieb und damit zum
5 Erzeugen einer Fahrbewegung der Vibrationsplatte beitragen. Vielmehr ge-
nügt es, wenn lediglich die äußeren Schwingungserregungseinrichtungen
10, 12 den Vortrieb und die Lenkung bewerkstelligen, während die mittlere
Schwingungserregungseinrichtung 11 ausschließlich zum Erzeugen einer
vertikal gerichteten Schwingung dient. Dementsprechend einfach kann die
10 mittlere Schwingungserregungseinrichtung 11 aufgebaut sein. So ist es z. B.
nicht erforderlich, dass die Richtung des von ihr erzeugten resultierenden
Kraftvektors einstellbar ist.

Fig. 3c zeigt eine Anordnung, bei der die Schwingungserregungseinrichtun-
15 gen 10, 11 um 90° verdreht zueinander auf der gemeinsamen Bodenkontakt-
platte 13 angeordnet sind. Die Vorwärtsfahrtrichtung der Vibrationsplatte
ist durch einen nach links gerichteten Pfeil dargestellt. Somit genügt es für
den normalen Vorwärtsbetrieb, dass lediglich die Schwingungserregungsein-
richtung 10 einen nach vorne gerichteten Kraftvektor erzeugt. Soweit eine
20 Lenkung der Vibrationsplatte nicht erforderlich ist, ist die von der Schwin-
gungserregungseinrichtung 11 erzeugte Schwingung vertikal gerichtet. Zum
Lenken allerdings kann die Schwingung der Schwingungserregungseinrich-
tung 11 auch mit einer Horizontalkomponente versehen werden, was eine
Drehung der Vibrationsplatte bewirkt. Durch ständigen, oszillierenden Rich-
25 tungswechsel der Horizontalkomponente der von der Schwingungserregungs-
einrichtung 11 erzeugten Schwingung lässt sich eine schlängelnde Bewe-
gung der Vibrationsplatte erzeugen, durch die Schubspannungen in den zu
verdichtenden Boden eingebracht werden können.

30 Fig. 3d zeigt zwei Beispiele für die Anordnung von drei Schwingungserre-
gungseinrichtungen 10, 11, 12, wobei jeweils die mittlere Schwingungserre-
gungseinrichtung 11 gegenüber den anderen Schwingungserregungseinrich-
tungen 10, 12 um 90° versetzt ist.

35 Bei allen Anordnungen, bei denen wenigstens eine Schwingungserregungs-
einrichtung um 90° gegenüber der Vortriebsrichtung der Vibrationsplatte
versetzt ist, kann die Vibrationsplatte im Verdichtungsprozess neben Lenk-

- 1 bewegungen auch einen zur Haupt-Fahrtrichtung parallelen Versatz durch-
führen. Dies ist insbesondere von Vorteil für eine Automatisierung der Ver-
dichtung von größeren Flächen, bei der die Fläche in parallelen Streifen
überfahren werden soll. Ein aufwändiges Wendemanöver am Ende von jedem
5 Streifen kann nämlich entfallen, weil die Vibrationsplatte jeweils nur um die
Breite der Bodenkontaktplatte versetzt werden muss, was durch die Bereit-
stellung der Schwingserregungseinrichtung 11 quer zur Hauptvortriebsrich-
tung leicht möglich ist.
- 10 Fig. 3e zeigt eine weitere Ausführungsform der Erfindung, bei der zwei
Schwingungserregungseinrichtungen 10, 11 übereinander angeordnet sind.
Die Erregerachsen stehen senkrecht zueinander. Durch geeignete Ansteue-
rung der beiden Schwingungserregungseinrichtungen 10, 11 kann der resul-
tierende Kraftvektor um die in der Mitte verlaufende Hochachse der Vibrati-
15 onsplatte beliebig ausgerichtet werden. Im vorliegenden Beispiel greift der
resultierende Kraftvektor im Schwerpunkt der Vibrationsplatte an. Auch an-
dere Angriffspunkte können - je nach Gestaltung der Vibrationsplatte -
zweckmäßig sein.
- 20 Bei dem Beispiel gemäß Fig. 3e sind die Schwingungserregungseinrichtun-
gen 10, 11 gemeinsam auf einer Bodenkontaktplatte 18 befestigt, die einen
im Wesentlichen kreisförmigen Grundriss aufweist. Eine derartige Vibrati-
onsplatte kann problemlos in sämtliche Richtungen verfahren werden, ohne
dass eine sonst übliche Hauptrichtung beachtet werden müsste. In Verbin-
25 dung mit der oben beschriebenen Richtungsstabilisierungsregelung kann bei
diesem Beispiel eine hohe Richtungsstabilität und Manövrierfähigkeit er-
reicht werden.
- 30 Die in den Fig. 3a bis 3e gezeigten Bodenverdichtungsvorrichtungen haben
in Verbindung mit der erfindungsgemäßen Fahrbewegungsregelung den Vor-
teil gegenüber bisher bekannten Vibrationsplatten, dass die hier beispielhaft
gezeigten Anordnungen von Schwingungserregungseinrichtungen ohne die
erfindungsgemäße Fahrtregelung eine hohe Instabilität der Fahrtrichtung
aufweisen würde, was in der praktischen Handhabung, selbst bei handge-
35 führten, also nicht ferngesteuerten Bodenverdichtungsvorrichtungen zu ei-
ner hohen Belastung des Bedieners führen würde. Im Gegensatz dazu wird
in Verbindung mit der erfindungsgemäßen Fahrtregelungseinrichtung z. B.

1 eine vom Bediener gewünschte Geradeausfahrt auch bei mit unterschiedli-
cher Frequenz drehenden Wellen der Schwingungserregungseinrichtungen
ebenso konstant eingeregelt, wie durch Bodeneinflüsse erzeugte Drehmo-
mente um die Hochachse kompensiert werden.

5

Es ist offensichtlich, dass statt der in den Fig. 3a bis 3e gezeigten zwei oder
drei Schwingungserregungseinrichtungen auch noch mehr Schwingungser-
regungseinrichtungen auf der gemeinsamen Bodenkontaktplatte angebracht
und - zumindest teilweise - von der Fahrtregelungseinrichtung angesteuert
10 werden können.

Die Fig. 4a bis 4d zeigen in schematischer Draufsicht erfindungsgemäße Bo-
denverdichtungssysteme, die jeweils aus mehreren Vibrationsplatten 21, 22,
23 bestehen und durch eine Verbindungsstruktur miteinander richtungssta-
15 bil, aber relativ zueinander höhenbeweglich, gegebenenfalls auch elastisch
bzw. mit mehreren Freiheitsgraden beweglich verbunden sind.

Fig. 4a zeigt ein erfindungsgemäßes Bodenverdichtungssystem mit zwei Vi-
brationsplatten 21, 22, die durch Verbindungselemente 24 miteinander ver-
20 bunden sind.

Jede der Vibrationsplatten 21, 22 trägt eine Schwingungserregungseinrich-
tung 25, wie sie bereits in Zusammenhang mit den Fig. 3a bis 3e erläutert
worden sind.

25

Die Verbindungsstruktur verbindet mit den Verbindungselementen 24 die
Vibrationsplatten 21, 22 in geeigneter Weise derart, dass die Vibrationsplat-
ten 21, 22 sich nicht gegeneinander verdrehen können, sondern in ihrer je-
weiligen Richtung gehalten werden. Zum Ausgleich von Bodenunebenheiten
30 und der nicht erforderlichen Schwingungssynchronisation der Vibrations-
platten ist aber die relative Beweglichkeit möglich und zweckmäßig.

Die Schwingungserregungseinrichtungen 25 auf jeder der Vibrationsplatten
21, 22 dienen gleichzeitig als Fahrtrieb zum Erzeugen einer Vortriebsbe-
35 wegung. Grundsätzlich ist es aber möglich, die Schwingungserregungsein-
richtung vom Fahrtrieb funktionsmäßig zu trennen. So ist es - wie oben
bereits beschrieben - bei einem bekannten Zwei-Wellen-Schwingungserreger

1 möglich, eine starke Vertikalschwingung zu erzeugen, ohne dass eine Vortriebsbewegung bewirkt wird, wenn die resultierenden Kraftvektoren senkrecht stehen (vergleiche z. B. Fig. 2a-4).

5 Fig. 4b zeigt drei parallel zueinander angeordnete Vibrationsplatten 21, 22, 23, die jeweils ebenfalls über die Verbindungselemente 24 miteinander verbunden sind und jeweils eine Schwingungserregungseinrichtung 25 tragen.

10 Fig. 4c zeigt zwei Vibrationsplatten 21, 22, auf denen jeweils eine Schwingungserregungseinrichtung 25 befestigt ist, wobei jedoch die Vortriebsrichtung der beiden Schwingungserregungseinrichtungen 25 um 90° zueinander verdreht ist.

15 Die Schwingungserregersysteme der Vibrationsplatten können ohne Synchronisation oder miteinander synchronisiert betrieben werden. Eine der Vibrationsplatten 21 dient zum Erzeugen des Vortriebs des gesamten Bodenverdichtungssystems, während die zweite Vibrationsplatte 22 neben der Bodenverdichtung der Richtungssteuerung dient. Bei ungestörter Geradeausfahrt (Pfeilrichtung) ist der resultierende Kraftvektor der zur Richtungssteuerung vorgesehenen Vibrationsplatte 22 senkrecht zur Ebene gerichtet oder wird gezielt oszillierend nach links und rechts gerichtet, um z. B. Schubspannungen in das zu verdichtende Gut einzubringen.

20 Fig. 4d zeigt Anordnungen von drei miteinander gekoppelten Vibrationsplatten 21, 22, 23, wobei jeweils eine Schwingungserregungseinrichtung 26 um 90° gegenüber den übrigen Schwingungserregungseinrichtungen 25 verdreht angeordnet ist.

30 Wie bei der in Fig. 3d beschriebenen Bodenverdichtungsvorrichtung kann aufgrund der um 90° verdrehten Vortriebsrichtung der Schwingungserregungseinrichtungen 25 auch hier ein Parallelversatz des Gesamtsystems erzielt werden.

35 Wie bei den Schwingungserregungseinrichtungen gemäß Fig. 3a bis 3e und im Unterschied zu der anhand von den Fig. 1 und 2 beschriebenen Bodenverdichtungsvorrichtung ist es bei den Vibrationsplatten 21, 22, 23 der in den Fig. 4a bis 4d gezeigten Bodenverdichtungssystemen nicht erforderlich,

1 dass in den jeweiligen Vibrationsplatten 21, 22, 23 eine eigene Lenkeinrich-
tung - z. B. durch zwei auf einer Welle axial zueinander angeordnete Un-
wuchtmassen - eingebaut ist. Es genügt vielmehr, dass die jeweilige Schwin-
gungserregungseinrichtung die bereits beschriebenen zwei Wellen 14, 15
5 aufweist, die synchronisiert gegenläufig drehbar sind und jeweils eine Un-
wuchtmasse tragen, deren Phasenlage einstellbar ist. Insbesondere bei Ver-
wendung von drei Vibrationsplatten, wie in den Fig. 4b und 4d gezeigt, ist es
sogar möglich, dass bei der Schwingungserregungseinrichtung der mittleren
Vibrationsplatte nicht einmal die Phasenlage einstellbar sein muss.

10

Die Koordination der Schwingungserreger in den Vibrationsplatten ist ver-
ständlicherweise äußerst komplex. Aus diesem Grund ist in dem Bodenver-
dichtungssystem eine Bewegungserfassungseinrichtung wie bei der anhand
von Fig. 1 beschriebenen BodenverdichtungsVorrichtung vorgesehen. Die Be-
15 wegungserfassungseinrichtung, z. B. ein Gierratensensor oder ein anderes,
bereits oben beschriebenes Bauelement, erfasst einen Istwert für die Fahr-
bewegung des gesamten Bodenverdichtungssystems.

In einer ebenfalls vorhandenen Fahrtregelungseinrichtung wird der Istwert
20 mit einem vom Bediener über die Fernsteuerung vorgegebenen Sollwert ver-
glichen. Die Fahrtregelungseinrichtung regelt vorhandene Regelabweichun-
gen durch Ansteuern der jeweiligen Schwingungserreger in den Vibrations-
platten aus. Zu diesem Zweck sind in der Fahrtregelungseinrichtung Algo-
rithmen abgespeichert, die eine eindeutige Zuordnung der Lenkfunktionen
25 erlauben.

Wie bereits bei der einzelnen BodenverdichtungsVorrichtung ist es auch bei
dem Bodenverdichtungssystem möglich, durch Bodenunebenheiten o. ä. her-
vorgerufene Störungen der Fahrbewegung sofort auszugleichen. Die Fahrtre-
30 gelungseinrichtung muss zu diesem Zweck nur kurzzeitig einen geeigneten
Schwingungserreger der Vibrationsplatten verstellen, um eine Korrekturbeweg-
ung einzuleiten.

Das Bodenverdichtungssystem weist gegenüber einzelnen Bodenverdich-
35 tungsVorrichtungen den Vorteil auf, dass die zugehörigen Vibrationsplatten
sehr einfach aufgebaut sein können, da sie keine eigene Lenkeinrichtung be-
nötigen. Lediglich eine Richtungsverstellung des resultierenden Kraftvektors

- 20 -

1 ist erforderlich. Statt dessen können mehrere Vibrationsplatten - also auch
mehr als die in Fig. 4 gezeigten zwei oder drei Vibrationsplatten - zu einer
großen Einheit mit entsprechender Arbeitsleistung kombiniert werden. Au-
ßerdem kann mit geeigneter Anordnung und Ansteuerung ein zur Haupt-
5 fahrriichtung paralleler Versatz des Bodenverdichtungssystems erreicht wer-
den. Dies ist insbesondere vorteilhaft zur Automatisierung von Verdich-
tungsprozessen.

10

15

20

25

30

35

1

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Fahrbare Bodenverdichtungsvorrichtung, mit
 - einem Fahrtrieb (2) zum Erzeugen einer Vortriebsbewegung;
 - 5 - einer Lenkeinrichtung (2) zum Erzeugen eines Giermoments um eine Hochachse der Bodenverdichtungsvorrichtung;
 - einem Fahrtgeber (4) zur Vorgabe eines Sollwerts für eine Fahrbewegung der Bodenverdichtungsvorrichtung;
 - einer Bewegungserfassungseinrichtung (6) zum Erfassen eines Ist-
 - 10 werts für die Fahrbewegung; und mit
 - einer von dem Istwert und dem Sollwert beaufschlagbaren Fahrtregelungseinrichtung (7) zum Ansteuern der Lenkeinrichtung (2) und/oder des Fahrtriebs (2) derart, dass eine durch die Differenz zwischen Ist- und Sollwert gebildete Regelabweichung minimal ist.
- 15 2. Bodenverdichtungsvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fahrbewegung eine Fahrtrichtung, eine Ausrichtung, eine Drehrate und/oder eine Fahrtgeschwindigkeit umfasst und dass der Fahrtgeber (4) zur Vorgabe eines Sollwerts für die Fahrtrichtung, die Aus-
- 20 richtung, die Drehrate und/oder die Fahrtgeschwindigkeit dient.
3. Bodenverdichtungsvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fahrbewegung eine Gierrate um die Hochachse umfasst und dass der Sollwert ein Gierratensollwert ist.
- 25 4. Bodenverdichtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fahrtregelungseinrichtung (4) die Lenkeinrichtung (2) und/oder den Fahrtrieb (2) derart ansteuert, dass sich die Bodenverdichtungsvorrichtung mit maximaler Fahrtgeschwindigkeit bei
- 30 minimaler Regelabweichung fortbewegt.
5. Bodenverdichtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bewegungserfassungseinrichtung (6) einen Gierratensensor, einen Kreiselkompass, einen optischen Faserkreisel,
- 35 einen Erdmagnetfeldsensor, einen GPS-Empfänger, einen Beschleunigungssensor oder eine Kombination dieser Bauelemente aufweist.

1 6. Bodenverdichtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass der Fahrtrieb wenigstens eine Schwin-
gungserregungseinrichtung (2) aufweist, mit zwei zueinander parallelen, ge-
genläufig drehbaren und jeweils wenigstens eine Unwuchtmasse tragenden
5 Wellen, deren Phasenlage verstellbar ist.

7. Bodenverdichtungsvorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekenn-
zeichnet**, dass auf wenigstens einer Welle der Schwingungserregungsein-
richtung (2) zwei Unwuchtmassen axial versetzt angeordnet sind und dass
10 die Lenkeinrichtung zum Verstellen der Phasenlage der beiden Unwucht-
massen ausgebildet ist.

8. Bodenverdichtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass der Fahrtrieb und die Lenkeinrichtung
15 durch eine Anordnung von mehreren, zueinander ortsfest getragenen
Schwingungserregungseinrichtungen (10, 11, 12) gebildet sind, wobei die
Schwingungserregungseinrichtungen (10, 11, 12) jeweils zwei zueinander
parallele, gegenläufig drehbare und jeweils wenigstens eine Unwucht (16)
tragende Wellen (14, 15) aufweisen, deren Phasenlage verstellbar ist, und
20 wobei jeweils durch eine der Schwingungserregungseinrichtungen (10, 11,
12) jeweils eine Vortriebsbewegung in eine Vortriebsrichtung erzeugbar ist.

9. Bodenverdichtungsvorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekenn-
zeichnet**, dass die Vortriebsrichtungen der Schwingungserregungseinrich-
25 tungen (10, 11, 12) im wesentlichen identisch sind.

10. Bodenverdichtungsvorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekenn-
zeichnet**, dass die Vortriebsrichtung von wenigstens einer (11) der Schwin-
gungserregungseinrichtungen von denen der anderen (10, 12) abweicht.
30

11. Bodenverdichtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Schwingungserregungsein-
richtung vorgesehen ist, durch die keine Vortriebsbewegung erzeugbar ist.

35 12. Bodenverdichtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass die Schwingungserregungseinrichtungen
auf einer gemeinsamen Bodenkontaktplatte (13, 18) angeordnet sind.

- 1 13. Bodenverdichtungsvorrichtung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bodenkontaktplatte (18) einen im wesentlichen kreisförmigen Grundriß aufweist.
- 5 14. Bodenverdichtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwei Schwingungserregungseinrichtungen (10, 11) übereinander angeordnet sind, deren Vortriebsrichtungen sich unterscheiden.
- 10 15. Bodenverdichtungsvorrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein von den Schwingungserregungseinrichtungen (10, 11) erzeugter resultierender Kraftvektor im Schwerpunkt der Bodenverdichtungsvorrichtung angreift.
- 15 16. Bodenverdichtungssystem, mit mehreren fahrbaren, miteinander verbundenen Bodenverdichtungsvorrichtungen (21, 22, 23), wobei
- wenigstens eine der Bodenverdichtungsvorrichtungen (21, 22, 23) einen Fahrtrieb zum Erzeugen einer Vortriebsbewegung in eine Vortriebsrichtung sowie eine Schwingungserregungseinrichtung (25) aufweist;
 - 20 - der Fahrtrieb zu- und abschaltbar ist;
 - ein Fahrtgeber zur Vorgabe eines Sollwerts für eine Fahrbewegung des gesamten Bodenverdichtungssystems vorgesehen ist;
 - eine Bewegungserfassungseinrichtung zum Erfassen eines Istwerts für die Fahrbewegung vorgesehen ist; und wobei
 - 25 - eine von dem Istwert und dem Sollwert beaufschlagbare Fahrtregelungseinrichtung vorgesehen ist, zum Ansteuern der einzelnen Fahrtriebe derart, dass eine durch die Differenz zwischen Ist- und Sollwert gebildete Regelabweichung minimal ist.
- 30 17. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bodenverdichtungsvorrichtungen (21, 22, 23) miteinander richtungsstabil oder mit mehreren Freiheitsgraden beweglich oder elastisch und/oder relativ zueinander höhenbeweglich verbunden sind.
- 35 18. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 16 oder 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fahrbewegung eine Fahrtrichtung, eine Ausrichtung, eine Drehrate und/oder eine Fahrtgeschwindigkeit umfasst und dass

- 24 -

1 der Fahrtgeber zur Vorgabe eines Sollwerts für die Fahrtrichtung, die Ausrichtung, die Drehrate und/oder die Fahrtgeschwindigkeit des Bodenverdichtungssystems dient.

5 19. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 16 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich die Vortriebsrichtung von wenigstens einer der Bodenverdichtungsrichtungen (22) von der Vortriebsrichtung von wenigstens einer anderen Bodenverdichtungsrichtung (21, 23) unterscheidet.

10

20. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vortriebsrichtung der wenigstens einen Bodenverdichtungsrichtung (22) senkrecht zu der Vortriebsrichtung der anderen Bodenverdichtungsrichtung (21, 23) steht.

15

21. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 16 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schwingungserregungseinrichtung (25, 26) einen Teil des Fahrantriebs bildet.

20 22. Bodenverdichtungsrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15 oder Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 16 bis 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Fahrtgeber Bestandteil einer Fernsteuerung (4) ist.

25

30

35

1/6

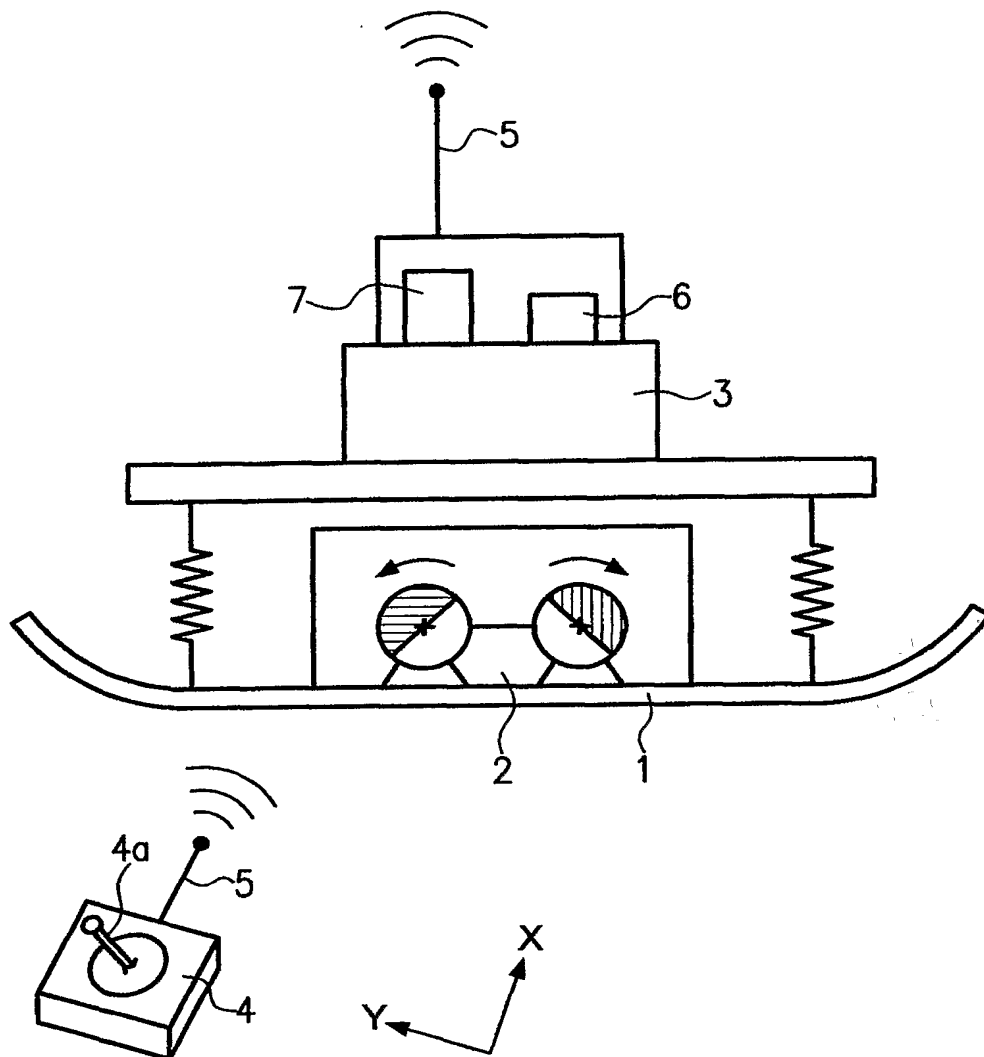


FIG.1

2/6

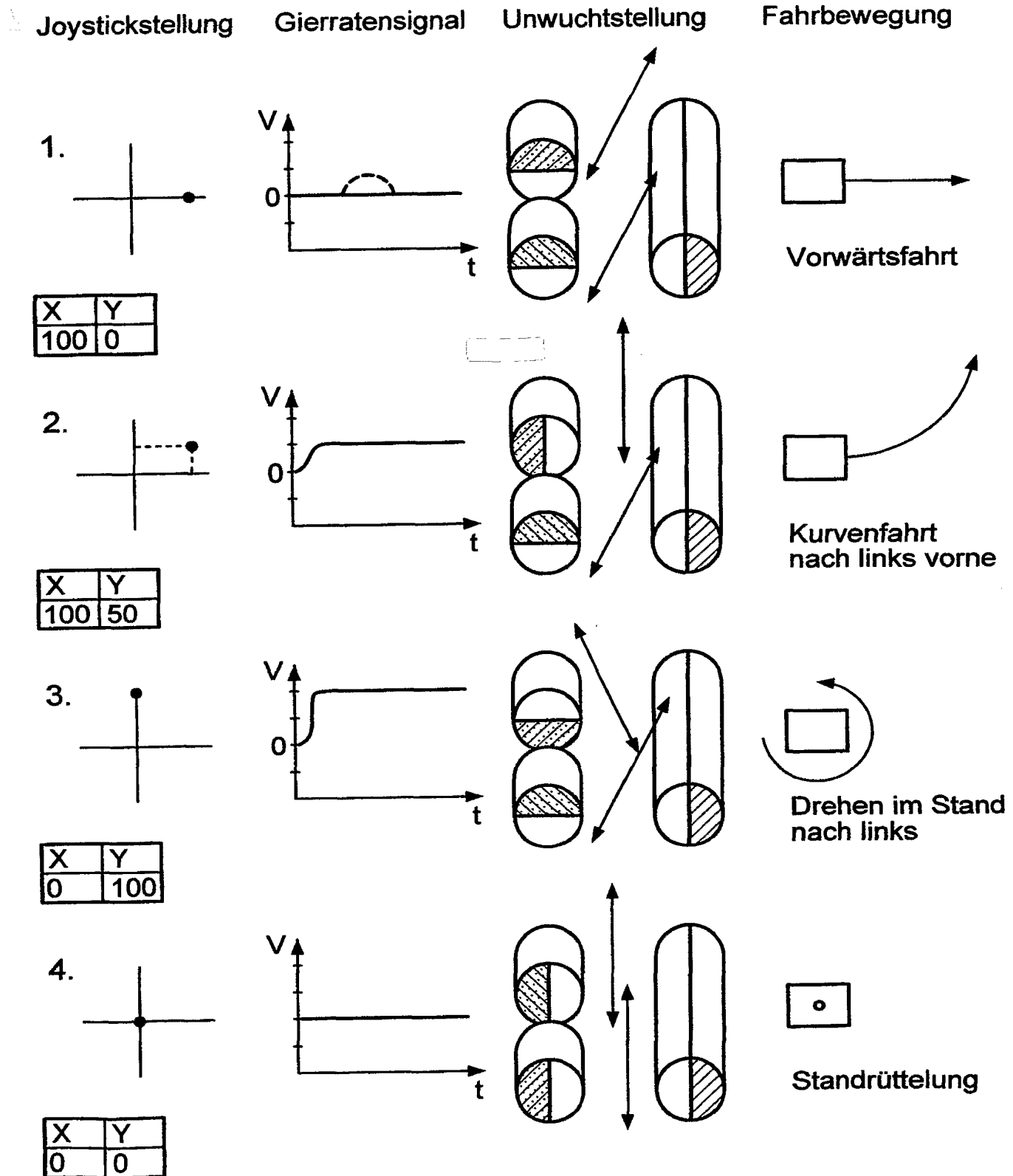


FIG.2a

3/6

Joystickstellung

Gierratensignal

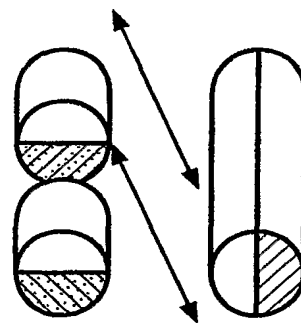
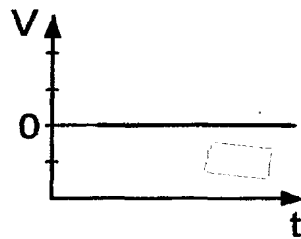
Unwuchtstellung

Fahrbewegung

5.

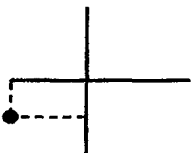


X	Y
-100	0



Rückwärtsfahrt

6.



X	Y
-100	-50

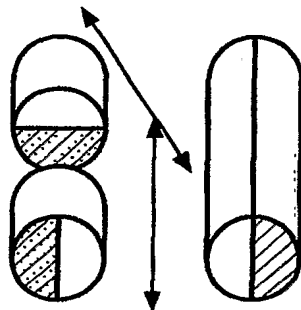
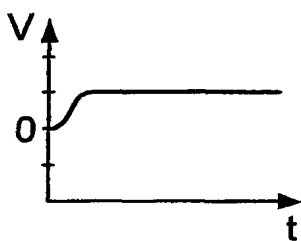
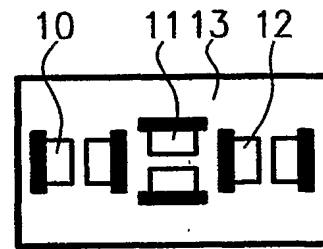
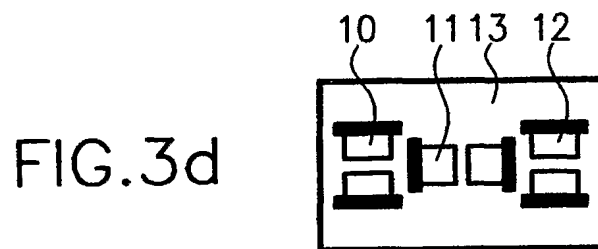
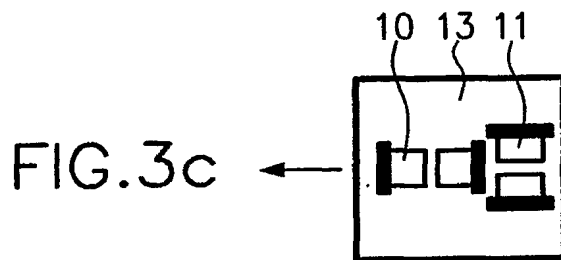
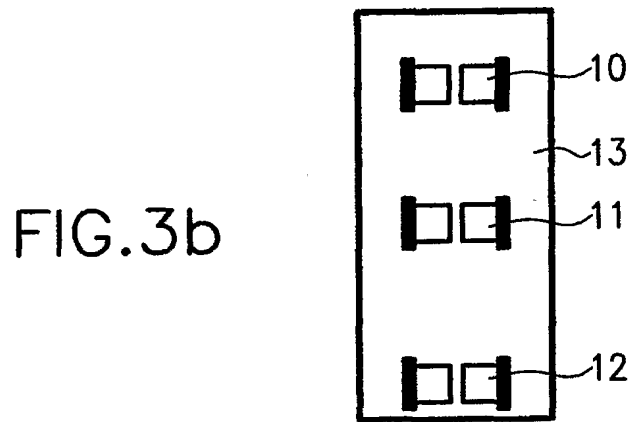
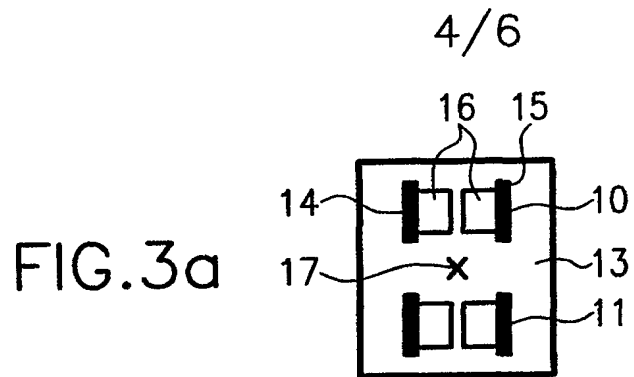
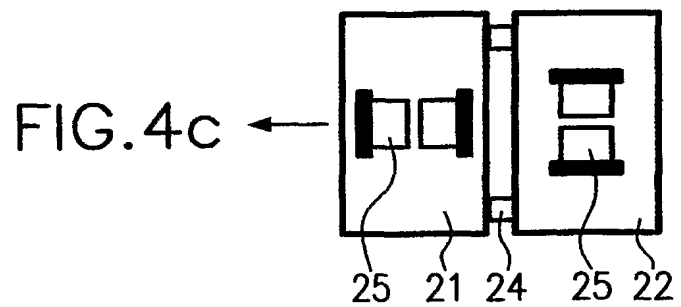
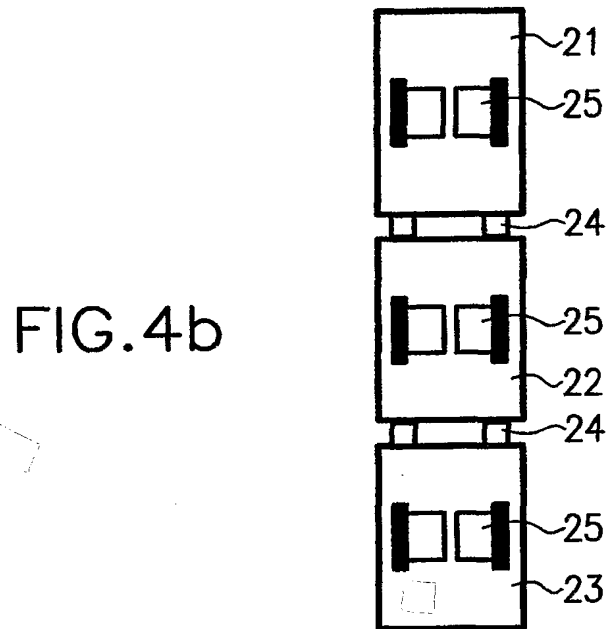
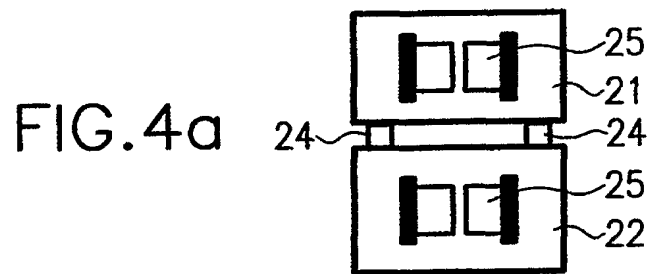
Kurvenfahrt
nach rechts hinten

FIG.2b



5/6



6/6

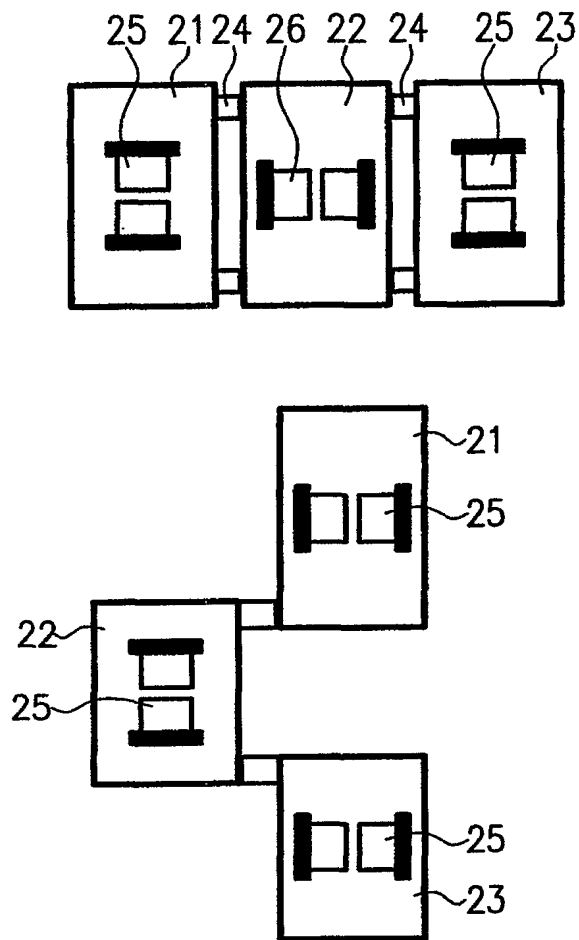


FIG. 4d

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 01/11793

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 E01C19/38 E02D3/074

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 E01C E02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 113 309 A (HOLLON BLAKE D ET AL) 5 September 2000 (2000-09-05)	1,2,4,5, 22
Y	column 2, line 66 - column 3, line 4 column 8, line 46 - line 51; figure 4 ---	16-18,21
A	WO 00 56984 A (STEFFEN MICHAEL ;WACKER WERKE KG (DE)) 28 September 2000 (2000-09-28) page 3, line 22 - line 31 page 4, line 9 - line 14; figure 1 ----	1-3,6-8, 22
Y	GB 944 922 A (LOSENHAUSENWERK DUESSELDORFER) 18 December 1963 (1963-12-18) the whole document ----- -/--	16-18,21

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 February 2002

Date of mailing of the international search report

04/03/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Movadat, R

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 01/11793

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>DE 12 13 355 B (LOSENHAUSENWERK) 24 March 1966 (1966-03-24) column 3, line 39 -column 4, line 4; figure 4</p> <p>-----</p>	8-12,15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 01/11793

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6113309	A	05-09-2000	US 6287048 B1	11-09-2001
WO 0056984	A	28-09-2000	DE 19913074 A1	19-10-2000
			WO 0056984 A1	28-09-2000
			EP 1163396 A1	19-12-2001
GB 944922	A	18-12-1963	NONE	
DE 1213355	B		NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 01/11793

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 E01C19/38 E02D3/074

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 E01C E02D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 6 113 309 A (HOLLON BLAKE D ET AL) 5. September 2000 (2000-09-05)	1,2,4,5, 22
Y	Spalte 2, Zeile 66 - Spalte 3, Zeile 4 Spalte 8, Zeile 46 - Zeile 51; Abbildung 4 ---	16-18,21
A	WO 00 56984 A (STEFFEN MICHAEL ;WACKER WERKE KG (DE)) 28. September 2000 (2000-09-28) Seite 3, Zeile 22 - Zeile 31 Seite 4, Zeile 9 - Zeile 14; Abbildung 1 ---	1-3,6-8, 22
Y	GB 944 922 A (LOSENHAUSENWERK DUESSELDORFER) 18. Dezember 1963 (1963-12-18) das ganze Dokument ---	16-18,21

	-/--	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

25. Februar 2002

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

04/03/2002

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5316 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Movadat, R

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 01/11793

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>DE 12 13 355 B (LOSENHAUSENWERK) 24. März 1966 (1966-03-24) Spalte 3, Zeile 39 -Spalte 4, Zeile 4; Abbildung 4</p> <p>-----</p>	8-12, 15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 01/11793

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 6113309	A	05-09-2000	US	6287048 B1	11-09-2001
WO 0056984	A	28-09-2000	DE	19913074 A1	19-10-2000
			WO	0056984 A1	28-09-2000
			EP	1163396 A1	19-12-2001
GB 944922	A	18-12-1963	KEINE		
DE 1213355	B		KEINE		